พลัง+งาน : ฉบับคิดเป็น ทำเป็น

เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลระดับชุมชน

ผู้เขียน : คุณทรงธรรม โพธิ์ถาวร
พิมพ์ครั้งแรก : พฤษภาคม 2553
จำนวน 2,000 เล่ม

สนับสนุนโดย

ชุดโครงการสนับสนุน จัดการความรู้ และประเมินผล โครงการวิจัย
และพัฒนา “พลังงานทางเลือกเพื่อสุขภาพในชุมชน”
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.)

จัดพิมพ์โดย

มูลนิธินโยบายสุขภาวะ ที่อยู่ 87/495 หมู่บ้านภัสสรรัตนาธิเบศร์ (ซอย 31)
ถ.บางกรวย-ไทรน้อย ต.บางรักใหญ่ อ.บางบัวทอง จ.นนทบุรี 11110
โทรศัพท์ 02-920 9691-2 โทรสาร 02-920 8845

ที่ปรึกษาวิชาการ : ดร.เดชรัต สุขกำเนิด
บรรณาธิการ : กัลยา นาคลังกา

ออกแบบปก และรูปเล่ม
กชพร วรรณมณี

พิมพ์ที่
บริษัท แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น จำกัด โทร 02 - 942- 0195

คำนำ

"พลังงานต้านวิกฤต" หลายท่านสงสัยว่าจะเป็นไปได้อย่างไร เพราะทุกวันนี้พลังงานเองหรือเปล่าที่เป็นตัวก่อวิกฤต ไม่ว่าจะเป็นการรับภาระจากราคาที่สูงขึ้น ปัญหามลพิษจากภาคการผลิตพลังงาน บางครั้งทำให้เกิดความขัดแย้งขึ้นในสังคม...วิกฤตเหล่านี้ต่างส่งผลต่อการดำรงชีวิตของผู้คนหรือเรียกง่ายๆ ว่ากระทบต่อสุขภาพทั้งทางกาย จิตใจ สังคม และปัญญา...แต่แท้ที่จริงแล้ว "พลังงาน" ยังมีทางเลือกอื่น ที่ประชาชนอย่างเราๆสามารถพึ่งพาตนเองและสร้างขึ้นมาเองได้ จากทรัพยากรใกล้บ้าน ผสมผสานกับภูมิปัญญาชาวบ้านที่มีอยู่...ทางเลือกนั้นอยู่ในมือท่านแล้ว

"พลัง+งาน" ฉบับคิดเป็นทำเป็นนี้ ถือเป็นฉบับพิเศษ ที่รวบรวมองค์ความรู้ ของแต่ละเทคโนโลยีพลังงานทางเลือก ตั้งแต่ประวัติความเป็นมา หลักการ การประยุกต์ใช้ ขั้นตอนการทำ การลงทุน และผลตอบแทน ตลอดจนแหล่งข้อมูลเพิ่มเติม โดยทั้งหมดจะผ่านการเขียนที่เข้าใจง่าย เหมาะสำหรับผู้สนใจที่จะลงมือปฏิบัติการพลังงานในบ้านชุมชนและองค์กรของท่าน หรือเพื่อศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ประกอบกับรูปเล่มที่มีขนาดกะทัดรัด พกพาสะดวก เหมาะกับการนำไปเผยแพร่และขยายผล ทั้งนี้ได้จัดทำออกมาเป็นชุดการเรียนรู้ เทคโนโลยีพลังงานทางเลือกเพื่อสุขภาพในชุมชน ทั้งหมด 10 เล่ม 10 เทคโนโลยี

เนื้อหาในเล่ม เป็นการถอดบทเรียนจากการเรียนรู้ผ่าน "ชุดโครงการสนับสนุนจัดการความรู้ และประเมินผลโครงการวิจัยและพัฒนาพลังงานทางเลือกเพื่อสุขภาพในชุมชน" ที่ค้นคว้า พัฒนาสาธิต พลังงานทางเลือกในชุมชนต่างๆทั่วประเทศ และหวังจะให้งานวิจัยที่เกิดขึ้นนี้ เป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจ สามารถนำไปใช้ได้จริง และขยายผลไปสู่การพึ่งพาตนเองด้านพลังงานของประเทศไทยได้มากขึ้น

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ที่เปิดโอกาสให้ประชาชนเข้าถึงการพึ่งพาตนเองด้านพลังงาน อันจะนำไปสู่สังคมแห่งสุขภาวะ ขอบพระคุณผู้เขียนทุกๆ ท่านที่เสียสละเวลามาร้อยเรียง กลั่นกรองความรู้จนออกมาเป็นชุดการเรียนรู้เล่มนี้ได้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มเล็กๆ ที่ท่านถืออยู่นี้ จะเป็นผู้ช่วยที่เอื้อประโยชน์และให้ความรู้ สำหรับการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานของทุกๆ ท่าน

ขอขอบพระคุณที่ท่านร่วมเป็นส่วนหนึ่งของปฏิบัติการ
ที่มาจาก "ชุดโครงการสนับสนุน จัดการความรู้ และประเมินผล
โครงการวิจัยและพัฒนาพลังงานทางเลือกเพื่อสุขภาพในชุมชน"

สารบัญ

บทนำ 3
ข้อมูลทั่วไปของไบโอดีเซล 5
วัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล 6
- น้ำมันพืช ไขมันสัตว์ และน้ำมันสัตว์ 6
- แอลกอฮอล์ 6
- ตัวเร่งปฏิกิริยา 7

เทคโนโลยีการผลิต 8
มาตรฐานคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล 9
กระบวนการผลิตไบโอดีเซล 11
ข้อควรระวังในการผลิตไบโอดีเซล 14
1. การเตรียมวัตถุดิบน้ำมันพืช 14
2. การเตรียมสารเร่งปฏิกิริยา 16
3. การทำปฏิกิริยาเพื่อผลิตไบโอดีเซล 16
4. การแยกกลีเซอรอล 17
5. การนำเมทานอลกลับคืน 18
6. การล้างไบโอดีเซลด้วยน้ำ 20
7. การขจัดน้ำ 21
8. การกรอง 22

การหาปริมาณกรดไขมันอิสระ (% FFA) ในน้ำมันทอดใช้แล้ว 23
- วิธีการวิเคราะห์ 24
- วิธีการคำนวณ 25
- ตัวอย่างการคำนวณสารเคมี 26

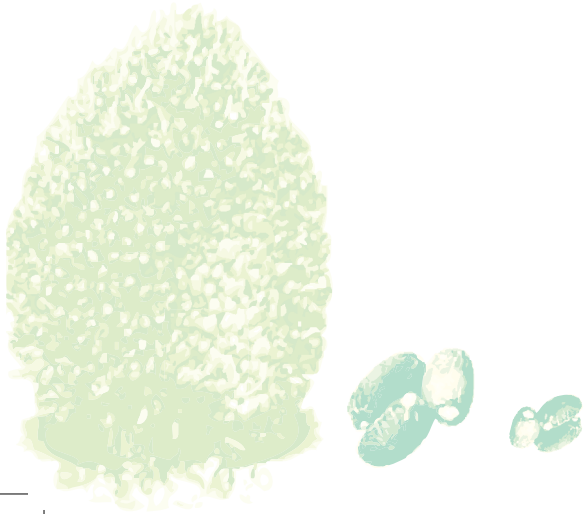
ระบบบำบัดน้ำเสียเบื้องต้น 27
ประมาณการการลงทุนและผลตอบแทนเบื้องต้น 30
แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม 32

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาวิกฤตพลังงานเช่นเดียวกับในหลายๆ ประเทศที่นำเข้าพลังงาน เนื่องมาจากทางด้านราคาน้ำมันปิโตรเลียมที่มีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะเดียวกันก็ประสบปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีความทวีสูงขึ้นอันเกิดจากการใช้พลังงานจากปิโตรเลียม ทำให้ส่งผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน นอกจากนั้นแล้ว ประเทศไทยยังมีปัญหาพืชผลทางการเกษตรที่มีปริมาณไม่สม่ำเสมอ บางครั้งเกิดภาวะขาดตลาดและบางครั้งเกิดภาวะล้นตลาด ทำให้ราคาตกต่ำ การนำพืชผลทางการเกษตรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลและใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทดแทน ซึ่งก็เป็นหนทางหนึ่งที่ช่วยสร้างความมั่นคงในด้านพลังงานให้กับประเทศได้ โดยรักษาเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าพลังงาน รักษาปริมาณพืชผลการเกษตรให้เกิดสมดุล และลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมได้ในเวลาเดียวกัน

ประเทศไทยโดยกระทรวงพลังงานจึงได้จัดทำยุทธศาสตร์พลังงานทดแทนขึ้นในปีพ.ศ. 2547 โดยไบโอดีเซลได้ถูกจัดเป็นส่วนหนึ่งของเป้าหมายพลังงานทดแทน และมีแผนปฏิบัติการพัฒนาและส่งเสริมเป็น 2 ระดับ คือ ไบโอดีเซลระดับชุมชนและไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์

จากนโยบายดังกล่าวทำให้ไบโอดีเซลระดับชุมชนได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนการผลิตมาอย่างต่อเนื่อง ทั้งจากภาครัฐ เช่น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สถาบันการศึกษาต่างๆ และจากภาคเอกชนที่รวมตัวกันเป็นเครือข่ายต่างๆ จนกระทั่งมีประกาศกรมธุรกิจพลังงาน กำหนดลักษณะ และคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) 2549 ซึ่งสามารถใช้ได้กับเครื่องยนต์การเกษตร และไม่สามารถจำหน่ายได้ในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง แต่ในทางปฏิบัติแล้วไบโอดีเซลชุมชนที่ผลิตนี้ยังได้ถูกนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็วเช่น รถกระบะ รถบรรทุก หรือแม้กระทั่งใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลแบบคอมมอนเรล



ข้อมูลทั่วไปของไบโอดีเซล

ไบโอดีเซล หมายถึง สารประกอบโมโนอัลคิลเอสเตอร์ (mono-alkyl ester) ซึ่งเป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (Transesterification) ของน้ำมันพืช เช่น น้ำมันทอดใช้แล้ว น้ำมันปาล์ม น้ำมันสบู่ดำ เป็นต้น หรือน้ำมันสัตว์ เช่น น้ำมันหมู น้ำมันวัว เป็นต้น ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ (Alcohol) และมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรด หรือเบส จะได้ผลิตผลเป็นเอสเตอร์ (Ester) และผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้กลีเซอรอล (Glycerol) ซึ่งเราจะเรียกชนิดของไบโอดีเซลแบบเอสเตอร์นี้ตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ไบโอดีเซลชนิดเอสเตอร์นี้มี คุณสมบัติที่เหมือนกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด เพราะไม่มีปัญหากับเครื่องยนต์ สำหรับปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์แสดงได้ดังสมการ

$$\begin{matrix} CH_2\text{-}OOC\text{-}R_1 \\ CH\text{-}OOC\text{-}R_2 \\ CH_2\text{-}OOC\text{-}R_3 \end{matrix} + 3R\hat{u}\ OH \xrightleftharpoons{\text{Catalyst}} \begin{matrix} R_1\text{-}COO\text{-}R\hat{u} \\ R_2\text{-}COO\text{-}R\hat{u} \\ R_3\text{-}COO\text{-}R\hat{u} \end{matrix} + \begin{matrix} CH_2\text{-}OH \\ CH\text{-}OH \\ CH_2\text{-}OH \end{matrix}$$

Glyceride	Alcohol	Esters	Glycerol
กลีเซอไรด์	แอลกอฮอล์	เอสเตอร์	กลีเซอรอล

วัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล

น้ำมันพืช ไขมันสัตว์ และน้ำมันสัตว์

ในการพิจารณาเลือกพืชชนิดใดมาใช้ต้องคำนึงถึง ราคา ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันในพืชชนิดนั้น และความเหมาะสมของปริมาณการปลูกพืชน้ำมันในพื้นที่นั้นด้วย

สำหรับประเทศไทยมีการเพาะปลูกพืชน้ำมันหลัก 6 ชนิด คือ ถั่วเหลือง ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว ถั่วลิสง งา และละหุ่ง ในจำนวนพืชน้ำมันทั้ง 6 ชนิดนี้ ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีปริมาณผลผลิตสูงที่สุด รองลงมาคือ มะพร้าว นอกจากน้ำมันทั้ง 6 ชนิดนี้แล้ว ยังมีแหล่งน้ำมันอื่นๆ เช่น สบู่ดำ น้ำมันสัตว์ และน้ำมันพืชใช้แล้ว ซึ่งวัตถุดิบที่มีความเหมาะสมในผลิตไบโอดีเซลในปัจจุบัน คือ ปาล์มน้ำมัน และน้ำมันทอดใช้แล้ว

แอลกอฮอล์

แอลกอฮอล์ที่นิยมใช้มากที่สุดคือ เมทานอล เนื่องจากมีราคาถูก และมีสภาพการเกิดปฏิกิริยาที่สูง อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเมทานอลกับน้ำมันขึ้นอยู่กับชนิด ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เลือกใช้ โดยทฤษฎีแล้วอัตราส่วนโดยน้ำหนักต้องการเมทานอล 1 ส่วนต่อน้ำมัน 10 ส่วน (โดยประมาณ) โดยน้ำหนัก แต่เพื่อต้องการให้เกิดไบโอดีเซลให้มากที่สุด จำเป็นต้องเติมแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นสารที่มีราคาถูกกว่าให้มากเกินพอ ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงนิยมใช้ เมทานอล 1 ส่วนต่อน้ำมัน 5 ส่วน โดยน้ำหนักเมื่อใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวเร่งปฏิกิริยา ที่ใช้โดยทั่วไป คือ ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดที่เป็นด่าง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (โซดาไฟ, NaOH) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)

ภาพประกอบที่ 1 วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล จากน้ำมันทอดใช้แล้ว

เทคโนโลยีการผลิต

ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยทั่วไปจะใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน แต่มีข้อจำกัดสำหรับน้ำมันที่นำมาเป็นวัตถุดิบ จำเป็นต้องมีกรดไขมันอิสระต่ำกว่าร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก เนื่องจากหากมีกรดไขมันอิสระมากกว่าที่กำหนดจะเกิดปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดเป็นสบู่มากเกินไป และกรณีที่มีกรดไขมันอิสระอยู่มากเกินกว่าร้อยละ 5 ของวัตถุดิบเริ่มต้นจำเป็นต้องเติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์จำนวนมากเพราะด่างจะไปปฏิกิริยาทำสะเทิน (neutralization) กับกรดไขมันอิสระก่อน (ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้เร็วกว่า) ด่างที่เหลือจึงจะทำหน้าที่ตัวเร่งปฏิกิริยาได้ ซึ่งผลผลิตที่ได้จะมีลักษณะเป็นเจลเนื่องจากจากการมีสบู่มากเกินไป (สบู่เป็นอิมัลซิฟายเออร์) ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดสบู่จากกรดไขมันอิสระ จำเป็นต้องเพิ่มกระบวนการขจัดกรดไขมันอิสระขึ้นมาก่อนด้วยการทำปฏิกิริยาเอสเตอริฟิเคชันโดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในสารละลายแอลกอฮอล์ ซึ่งจะเปลี่ยนกรดไขมันอิสระเป็นเอสเตอร์ (ไบโอดีเซล) หลังจากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชันต่อไป

มาตรฐานคุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล

ประเทศไทยโดยประกาศของกรมธุรกิจพลังงานได้กำหนดลักษณะ และคุณภาพของไบโอดีเซล สำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน) พ.ศ. 2549 แสดงไว้ในตาราง

มาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงไบโอดีเซล

รายการ	คุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง	หน่วย	วิธีทดสอบ	เกณฑ์ต่ำสุด	เกณฑ์สูงสุด
1	ความหนาแน่น ที่ 15 C	กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	ASTM D 1298	860	900
2	ค่าความหนืด ที่ 40 C	เซนติสโตกส์	ASTM D 445	1.9	8.0
3	จุดวาบไฟ	°C	ASTM D 93	120	-
4	ปริมาณกำมะถัน	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ASTM D 2622	-	0.0015
5	ค่าซีเทน		ASTM D 613		-
6	เถ้าซัลเฟต	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ASTM D 874		0.02
7	น้ำและตะกอน	ร้อยละโดยปริมาตร	ASTM D 2709		0.2
8	การกัดกร่อนทองแดง		ASTM D 130		No.3
9	ค่าความเป็นกรด	มิลลิกรัมKOH/กรัมน้ำมัน	ASTM D 664		0.80
10	กลีเซอรีนอิสระ	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ASTM D 6584		0.02
11	กลีเซอรีนทั้งหมด	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ASTM D 6584		1.5
12	สี		ตรวจด้วยสายตา	ม่วง	
13	สารเติมแต่ง (ถ้ามี)	ให้เป็นไปตามความเห็นชอบจากอธิบดีกรมธุรกิจพลังงาน			

กระบวนการผลิตไบโอดีเซล

ปัจจุบันกระบวนการผลิตไบโอดีเซลแบบการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน 2 ครั้ง จะทำให้ได้ไบโอดีเซลที่มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน และจะยกตัวอย่างขั้นตอนการผลิตจากน้ำมันทอดใช้แล้ว ปริมาณ 150 ลิตร และสามารถแสดงผังการทำงาน

ดังภาพประกอบที่ 3

ภาพประกอบที่ 2 ชุดผลิตไบโอดีเซลขนาด 150 ลิตรต่อครั้งของสถานีตำรวจภูธรรัตภูมิ อ.รัตภูมิ จ.สงขลา

ก. ด้านหน้า ข. ภายในถังทำปฏิกิริยา ค. ด้านซ้าย ง. ด้านขวา

น้ำมันทอดใช้แล้ว ปริมาณ 150 ลิตร
ปริมาณกรดไขมันอิสระ < 1%

↓

ระเหยน้ำที่ 120 ºC นาน 2 ชั่วโมง

↓

กระบวนการเตรียมสารเคมี
(ละลายด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH)
จำนวน 1.89 กิโลกรัมในเมทานอล ปริมาณ 37.5 ลิตร)

↓

กระบวนการทำปฏิกิริยาเคมีทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน ครั้งที่ 1
(ใช้สารละลายเมทานอล-ด่าง 80% ของสารละลายทั้งหมด
ทำปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิ 60ºC เป็นเวลา 30 นาที)

↓

กระบวนการแยกกลีเซอรอล

↓

กระบวนการทำปฏิกิริยาเคมีทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน ครั้งที่ 2
(ใช้สารละลายเมทานอล-ด่าง 20% ที่เหลืออยู่ทำปฏิกิริยา
ที่อุณหภูมิ 60ºC เป็นเวลา 30 นาที)

↓

กระบวนการแยกกลีเซอรีน

↓

กระบวนการล้างไบโอดีเซล (ล้าง 5 ครั้งใช้น้ำล้างครั้งละ 30 ลิตร)

↓

กระบวนการระเหยน้ำออกจากไบโอดีเซล
(ที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำจะหมด)

↓

กระบวนการกรอง

↓

น้ำมันไบโอดีเซลพร้อมใช้งาน

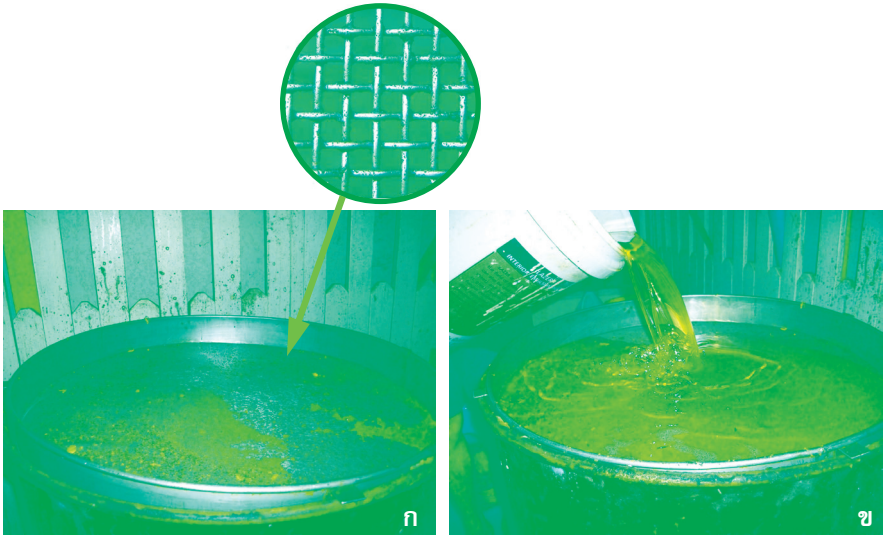
ภาพประกอบที่ 3 ผังการทำงานของกระบวนการผลิตไบโอดีเซล
โดยกระบวนการทำปฏิกิริยา 2 ครั้ง

ข้อควรระวังในการผลิตไบโอดีเซล

จากผังการทำงานของกระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยกระบวนการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน 2 ครั้ง เพื่อให้สามารถผลิตไบโอดีเซลคุณภาพสูงในทุกครั้ง ทำให้ต้องมีข้อควรระวังในการผลิตไบโอดีเซลและสามารถแยกออกมาเป็นของแต่ละขั้นตอน ดังนี้

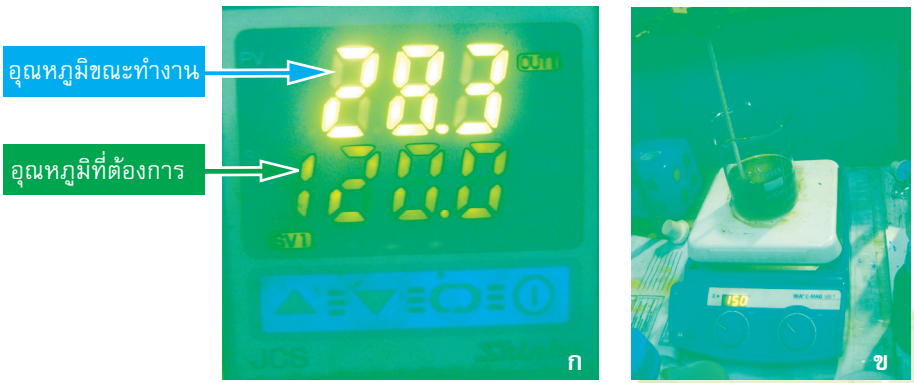
1. การเตรียมวัตถุดิบน้ำมันพืช

ขั้นตอนนี้มีความสำคัญมากเพราะน้ำมันตั้งต้นจะเป็นปัจจัยหลักตัวหนึ่งที่จะบ่งบอกคุณภาพของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ หากเป็นน้ำมันใหม่สามารถนำมาทำไบโอดีเซลได้เลย (เพราะกรดไขมันอิสระจะต่ำ) ไม่ต้องมีการจัดการเตรียมน้ำมัน เพียงแต่ให้แน่ใจว่าในน้ำมันไม่มีน้ำปนอยู่เพราะจะส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยา ถ้าหากมีน้ำปนมากต้องนำไปต้มเพื่อระเหยน้ำที่อุณหภูมิสูงถึง 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมงหากเป็นน้ำมันทอดใช้แล้วต้องทำการกรองกาก หรือเศษอาหารต่างๆ ออก ก่อนที่จะนำไปต้มระเหยน้ำ อย่างไรก็ตามก่อนทำปฏิกิริยา ต้องทำการไทเทรตหาปริมาณกรดไขมันอิสระ (%FFA) ก่อน เพื่อหาว่าต้องใช้สารเคมีเท่าไรจึงเหมาะสม



ภาพประกอบที่ 4 ตะแกรงกรองกากของน้ำมันทอดใช้แล้ว

ก. ตะแกรงกรองกาก ข. การกรองน้ำมันทอดใช้แล้ว



ภาพประกอบที่ 5 ขั้นตอนการระเหยน้ำออกจากน้ำมันทอดใช้แล้ว

ก. การตั้งอุณหภูมิของการระเหยน้ำในชุดผลิตไบโอดีเซล ขนาด 150 ลิตร

ข. การระเหยน้ำของการผลิตไบโอดีเซลในห้องปฏิบัติการ

2. การเตรียมสารเร่งปฏิกิริยา

น้ำมันทอดใช้แล้วจะมีค่าความเป็นกรดสูงกว่าน้ำมันใหม่ เพราะการทอดน้ำมันพืชจะสัมผัสกับน้ำที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดกรดไขมันอิสระได้ง่าย และจะผสมปะปนอยู่กับไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมัน พร้อมที่จะเข้าทำปฏิกิริยาเกิดเป็นสบู่เมื่อเจอกับด่าง ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่จะทำให้เกิด “เจล” (Jelly) ในการทำไบโอดีเซล ดังนั้นเราต้องกำจัดกรดไขมันอิสระเหล่านี้ออกจากน้ำมันก่อนทำปฏิกิริยา

การกำจัดกรดไขมันอิสระในน้ำมันพืชใช้แล้ว ต้องใช้ด่างซึ่งคือตัวเร่งปฏิกิริยานั่นเอง โดยปฏิกิริยาการทำเป็นกลาง (Neutralization) ดังนั้นน้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระสูงทำให้ต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาด่างในปริมาณที่มากขึ้น ซึ่งจะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับว่าน้ำมันเป็นกรดมากน้อยแค่ไหน ดังนั้นการหาค่ากรดไขมันอิสระจะทำให้ทราบปริมาณด่างที่ต้องใช้ในปริมาณที่พอดี

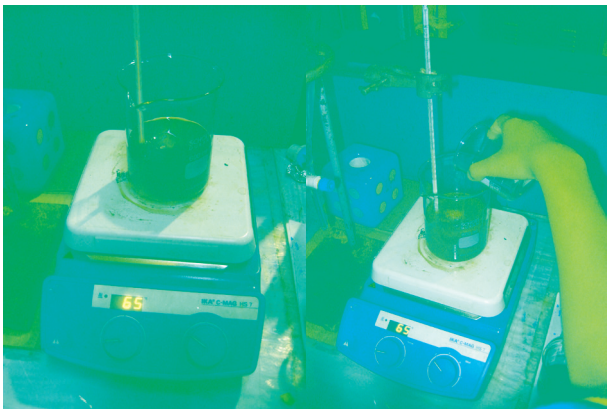
ภาพประกอบที่ 6 ขั้นตอนการเตรียมสารละลายเมทานอล-ด่าง

ก. การชั่งเมทานอล
ข. การชั่งด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์
ค. การเตรียมสารละลายเมทานอล-ด่าง

3. การทำปฏิกิริยาเพื่อผลิตไบโอดีเซล

การผลิตไบโอดีเซลโดยการทำปฏิกิริยา 2 ครั้ง ก็เพื่อต้องการให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์มากที่สุดเนื่องจากเมื่อเสร็จสิ้นการทำปฏิกิริยาครั้งที่ 1 แล้วได้มีการแยกกลีเซอรอลและสบู่ออกส่วนหนึ่ง ทำให้ไม่ขัดขวางการทำปฏิกิริยาครั้งที่ 2 (ปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับ) โดยที่สัดส่วนของสารละลายแอลกอฮอล์ของครั้งที่ 1 : ครั้งที่ 2 เท่ากับ 80 : 20 นอกจากนี้ชุดอุปกรณ์ในการผลิตก็มีส่วน

สำคัญ ต้องเป็นถังผสมที่ปิดสนิท และมีอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและควบคุมอุณหภูมิ เนื่องจากอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 60-65 oC ดังนั้นถ้าหากใช้ภาชนะที่ปิดไม่สนิท จะทำให้เมทานอลระเหยออกไปได้ ประกอบกับเมื่อเกิดปฏิกิริยาแล้วจะทำให้เมทานอลถูกใช้ไป จะทำให้มีเมทานอลเหลืออยู่น้อยไม่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ได้



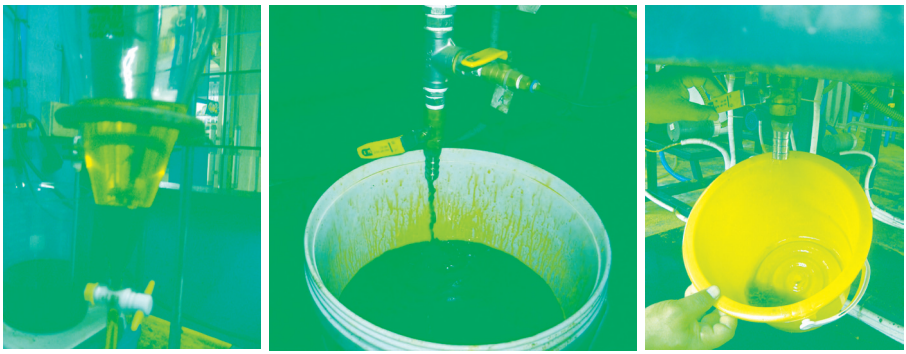
ภาพประกอบที่ 7 ขั้นตอนการการทำปฏิกิริยา

ก. การเติมสารละลายเมทานอล-ด่างเข้าถังทำปฏิกิริยาโดยใช้ปั๊มในชุดผลิตไบโอดีเซลขนาด 150 ลิตร

ข. การควบคุมอุณหภูมิและการเติมสารละลายแอลกอฮอล์ของการผลิตไบโอดีเซลในห้องปฏิบัติการ

4. การแยกกลีเซอรอล

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันทอดใช้แล้วซึ่งจัดว่าเป็นวัตถุดิบคุณภาพต่ำ เนื่องจากมีกรดไขมันอิสระสูง ดังนั้นเมื่อทำปฏิกิริยาจึงมีสบู่เกิดขึ้นและละลายในไบโอดีเซล ปริมาณสบู่ที่มีอยู่อาจมีค่าสูงในระดับ 10,000 ppm (ประมาณ 1%) ดังนั้นในการทำปฏิกิริยา 2 ครั้ง จึงสามารถขจัดสบู่นี้ออกไปส่วนหนึ่ง โดยการแยกกลีเซอรอลออกหลังจากการทำปฏิกิริยาครั้งที่ 1 ซึ่งสบู่จะตกแยกชั้นออกมาเองร่วมกับกลีเซอรอล ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยาครั้งที่ 2 จะทำให้เกิดปฏิกิริยาได้สมบูรณ์



ภาพประกอบที่ 8 ขั้นตอนการแยกกลีเซอรอล

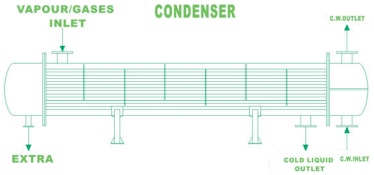
ก. ลักษณะการแยกชั้นของไบโอดีเซล (ด้านบน) และกลีเซอรอล (ด้านล่าง)

ข. การแยกกลีเซอรอลครั้งที่ 1 จากถังทำปฏิกิริยา

ค. การแยกกลีเซอรอลครั้งที่ 2 จากถังแยกกลีเซอรอล

5. การนำเมทานอลกลับคืน

การผลิตไบโอดีเซลจำเป็นต้องใช้เมทานอลที่มากกว่าจำนวนที่ต้องการทางทฤษฎีประมาณ 100% เพื่อต้องการให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็ว เนื่องจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชันสามารถย้อนกลับเป็นสารตั้งต้นได้ ซึ่งทางสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน เลือกใช้ปริมาณเมทานอลเท่ากับ 22% โดยน้ำหนักของน้ำมันวัตถุดิบ ในกรณีที่ต้องการลดต้นทุนการผลิตแล้วใช้ปริมาณเมทานอลที่น้อยกว่านี้ เช่น 18% หรือ 20% จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดช้าและไม่สมบูรณ์ อีกทั้งมีการสูญเสียจากการระเหยจึงทำให้เมทานอลเหลือน้อยลงไปอีก ซึ่งเมทานอลที่ใส่ไปเกินพอนี้ เกือบครึ่งหนึ่งจะละลายอยู่ในไบโอดีเซลและส่วนที่เหลือจะ ละลายอยู่ในกลีเซอรอล ดังนั้นหากผู้ผลิตไบโอดีเซลชุมชนที่ไม่มีอุปกรณ์ระเหย และควบแน่นเมทานอลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ จึงสูญเสียเมทานอลส่วนที่เกินนี้ไปกับกระบวน การล้าง



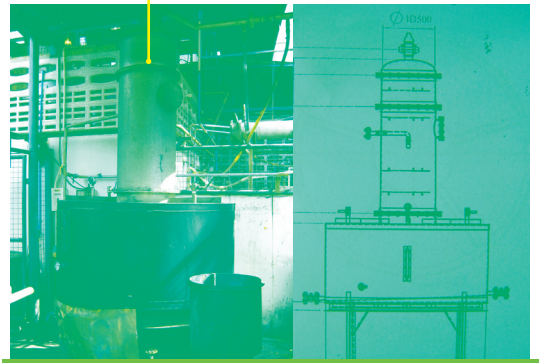
น้ำหล่อเย็นออก

น้ำหล่อเย็นเข้า

ชุดควบแน่นไอเมทานอล

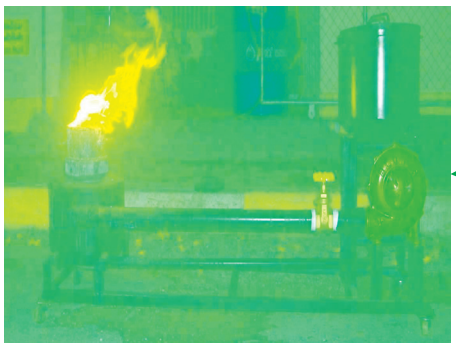
ไอเมทานอล

เมทานอลที่ควบแน่น



ถังระเหยเมทานอลจากไบโอดีเซลขนาด 1000 ลิตรต่อครั้ง

ถังรับเมทานอล



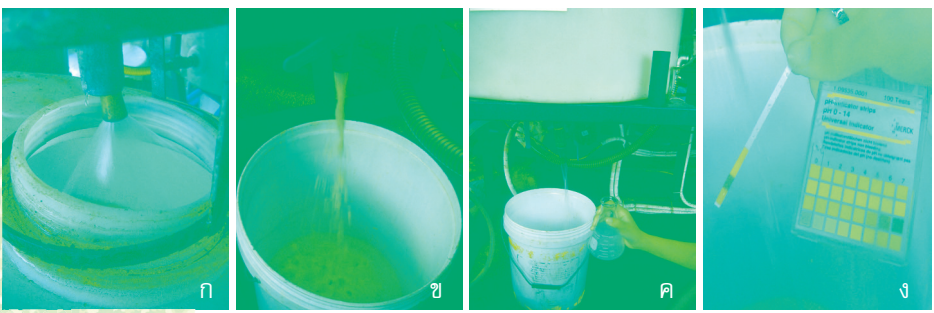
ชุดให้ความร้อนโดยเตากลีเซอรอล

ภาพประกอบที่ 9 ขั้นตอนการแยกคืนเมทานอลนำกลับมาใช้ใหม่ของสถานวิจัยและพัฒนาพลังงาน

ทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

6. การล้างไบโอดีเซลด้วยน้ำ

การล้างไบโอดีเซลด้วยน้ำ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างหมายถึงปริมาณน้ำเสียที่ต้องบำบัดด้วย โดยทั่วไปแล้วสัดส่วนน้ำล้างต่อไบโอดีเซลมีค่าอยู่ระหว่าง 1:1 ถึง 3:1 ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณสิ่งปนเปื้อนที่อยู่ภายในไบโอดีเซล ซึ่งระบบการล้างมีหลายประเภทด้วยกัน เช่น การใช้ปั๊มอากาศ การใช้กรดร่วมกับการล้าง หรือการล้างแบบพ่นเป็นละออง ซึ่งก็ใช้ได้ทั้งหมด เพียงแต่ต้องระวังว่าการใช้กรดอ่อนๆ ในน้ำล้างนั้นสามารถเปลี่ยนสบู่ให้กลับมาเป็นกรดไขมันอิสระ และละลายอยู่ในไบโอดีเซลได้ อาจทำให้ค่าความเป็นกรดสูงเกินมาตรฐานสิ่งปนเปื้อนที่อยู่ภายในไบโอดีเซลได้แก่ เมทานอล ด่าง กลีเซอรอล สบู่ และส่วนที่เป็นกลีเซอไรด์ (ไตร-, ได- และโมโนกลีเซอไรด์) ที่ไม่ทำปฏิกิริยา จะเห็นได้ว่าสิ่งปนเปื้อนทุกตัวยกเว้นกลีเซอไรด์สามารถละลายน้ำได้ ดังนั้นถ้าต้องการให้การล้างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จึงจำเป็นต้องแบ่งการล้างออกเป็นหลายๆ ครั้ง เช่น การใช้สัดส่วนน้ำล้างต่อไบโอดีเซลมีค่าอยู่ระหว่าง 1:1 ให้แบ่งการล้างออกเป็น 5 ครั้ง โดยใช้น้ำล้างครั้งละ 20% และถ้าหากการล้างเป็นแบบพ่นเป็นละอองแล้วในการล้างครั้งที่ 1 และ 2 ให้พ่นละอองน้ำผ่านไบโอดีเซลจากด้านบนอย่างเดียวโดยไม่ต้องเปิดกวน เนื่องจากปริมาณสบู่ที่มีจะเกิดการผสมกันระหว่างน้ำกับน้ำมันไบโอดีเซลทำให้ต้องใช้เวลาในการแยกตัวนาน ซึ่งละอองน้ำจะเคลื่อนที่ลงมาด้านล่างตามแรงโน้ม ถ่วงจะชะสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ลงมาด้วยโดยเฉพาะสบู่ และสามารถสังเกตเห็นได้ว่าน้ำล่างที่ปล่อยออกจะมีสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนม ส่วนการล้างครั้งที่ 3 4 และ 5 สามารถเปิดกวนเป็นระยะๆได้ เนื่องจากปริมาณสบู่เหลือน้อยแล้ว ซึ่งสังเกตได้จากน้ำล้างจะใส



ภาพประกอบที่ 10 ขั้นตอนการล้างไบโอดีเซลด้วยน้ำ

ก. หัวพ่นละอองน้ำ ข. ลักษณะน้ำล้างครั้งที่ 1
ค. ลักษณะน้ำล้างครั้งที่ 5 ง. การตรวจสอบ pH ของน้ำล้าง

7. การขจัดน้ำ

การขจัดน้ำออกจากไบโอดีเซล เป็นขั้นตอนที่ทำให้ได้ตามมาตรฐานกรมธุรกิจพลังงานได้ยากมาก เพราะการขจัดน้ำออกแบบง่ายคือการระเหยน้ำ โดยไบโอดีเซลเป็นสารที่ดูดน้ำได้ง่าย การระเหยน้ำที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานทำให้ไบโอดีเซลมีสีเข้มขึ้น และง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศส่งผลให้มีคุณสมบัติด้อยลง และเมื่อปล่อยให้สัมผัสกับอากาศในช่วงการเก็บการใช้ ยังมีโอกาสดูดน้ำจากอากาศกลับเข้ามาอีกได้ ซึ่งมักทำให้ไม่ได้มาตรฐานในระดับ 500 ppm (คุณภาพของไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์) การขจัดน้ำด้วยการกรองผ่านชั้นของเกลือสามารถลดปริมาณน้ำจาก 5000 ppm จนเหลือ 1200 ppm ได้ โดยมีค่าใช้จ่ายที่ถูกมาก ซึ่งคุณภาพนี้จะผ่านในระดับไบโอดีเซลชุมชน หากต้องการลดน้ำให้ต่ำกว่านี้อาจต้องใช้เรซิน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูงอยู่ในขณะนี้

ภาพประกอบที่ 11 ขั้นตอนการขจัดน้ำออกจากไบโอดีเซล

ก. การขจัดน้ำด้วยการกรองผ่านชั้นของเกลือของชุดผลิตไบโอดีเซลขนาด 150 ลิตร

ข. การระเหยน้ำออกจากไบโอดีเซลในห้องปฏิบัติการ

8. การกรอง

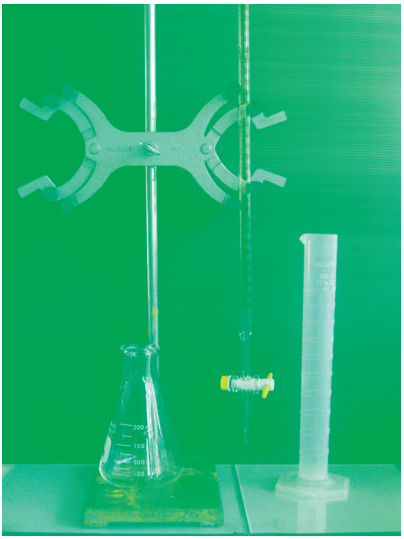
เป็นการกรองละเอียดผ่านถุงกรองละเอียดขนาด 5 ไมครอน เพื่อกรองอนุภาคเล็กๆ ออก ก่อนเข้าถังพักเพื่อเก็บไว้ใช้งาน

ภาพประกอบที่ 12 ขั้นตอนการกรองละเอียด

การหาปริมาณกรดไขมันอิสระ (% FFA) ในน้ำมันทอดใช้แล้ว

เป็นการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมันโดยการไทเทรต ซึ่งจะใช้อุปกรณ์และสารเคมี ดังนี้

1. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. กระบอกตวง ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร
4. แอลกอฮอล์ 95 % (สามารถใช้เมทานอลได้)
5. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.100 นอร์มัล
   - เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 4 กรัมละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตร ให้ได้ 1 ลิตร ในขวดวัดปริมาตร และเก็บสารละลายด่างในขวดแก้ว
6. ฟีนอฟทาลีนเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก (ละลายในเมทานอล)
7. สารละลายแอลกอฮอล์ (ปรับสภาพให้เป็นกลาง)
   - โดยเติมฟีนอฟทาลีน 5 หยด ลงในเมทานอล จำนวน 200 มิลลิลิตร
   - หยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.100 นอร์มัล ทีละหยดพร้อมทั้งเขย่าจน ได้สีชมพูถาวร



ภาพประกอบที่ 13 เครื่องแก้วที่ใช้ในการไทเทรต
(ขวดรูปชมพู่ บิวเรตและกระบอกตวง เรียงจากซ้ายไปขวา)

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมันให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1-10 กรัม ทศนิยมอย่างน้อย 2 ตำแหน่ง ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร หรือดูดตัวอย่างน้ำมัน 10 มิลลิลิตรโดยใช้กระบอกฉีดยา

2. เติมสารละลายแอลกอฮอล์ที่มีสภาพเป็นกลาง จำนวน 50 มิลลิลิตร และเติมฟีนอฟทาลีน 5 หยด ลงในตัวอย่าง เขย่าอย่างแรงให้ ตัวอย่างน้ำมันละลายในสารละลายแอลกอฮอล์

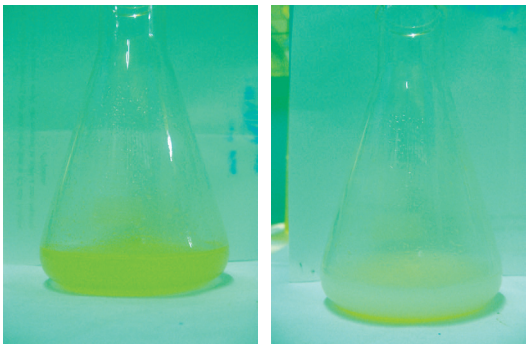
3. ไทเทรตสารละลายตัวอย่างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.100 นอร์มัล จนกระทั่งได้ สีชมพูถาวร

4. คำนวณปริมาณกรดไขมันอิสระจากสูตร

$$\% \text{ FFA} = \frac{\text{ปริมาตรด่างที่ใช้ (ml) X ความเข้มข้นด่าง (N) X 25.6}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}}$$

หมายเหตุ ในกรณีใช้กระบอกฉีดยาดูดน้ำมันตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร น้ำหนักตัวอย่างเท่ากับ 9 กรัม

ภาพประกอบที่ 14 การไทเทรตหากรดไขมันอิสระ



ภาพประกอบที่ 15 การเปลี่ยนสีของฟีนอฟทาลีน

ก. ก่อนการไทเทรต ข. หลังการไทเทรต

วิธีการคำนวณปริมาณด่าง

เมื่อทราบ %FFA ในวัตถุดิบ สามารถคำนวณปริมาณโซดาไฟหรือ KOH ที่ใช้ในกระบวนการทำปฏิกิริยาเคมีทรานส์เอสเตอริฟิเคชันได้ จากสมการ

- ปริมาณโซดาไฟ ที่ใช้

$$= \frac{0.9 \times \text{จำนวนลิตรน้ำมัน}}{100} \times \frac{[\,1 + (\%\ \text{FFA} - 1) \times 40\,]}{256}$$

- ปริมาณ KOH ที่ใช้

$$= \frac{0.9 \times \text{จำนวนลิตรน้ำมัน}}{100} \times \frac{[\,1.4 + (\%\ \text{FFA} - 1) \times 56\,]}{256}$$

หมายเหตุ ในกรณีค่า %FFA น้อยกว่า 1 ให้ใช้ %FFA ค่าเท่ากับ 1 ในการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณสารเคมี

ต้องการทำไบโอดีเซลจากน้ำมันทอดใช้แล้ว จำนวน 150 ลิตร และใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และไทเทรตหาค่า %FFA ได้เท่ากับ 1.5 ดังนั้นปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้สามารถคำนวณได้ ดังนี้

เมทานอล ปริมาณที่ต้องใช้เท่ากับ 25% โดยปริมาตรของน้ำมันวัตถุดิบ หรือ 22% โดยน้ำหนักของน้ำมันวัตถุดิบ ดังนั้น

ต้องใช้เมทานอล = (25 x 150)/100 = 37.5 ลิตร หรือ

= (22 x 0.9 x150)/100 = 29.7 กิโลกรัม

ต้องใช้ KOH = (0.9 x 150)/100 x [1.4 + (1.5-1) x (56/256)

= 2.04 กิโลกรัม

เพราะฉะนั้นในการทำปฏิกิริยา 2 ครั้งสามารถเตรียมสารละลายเมทานอล-KOH ได้ดังนี้

ครั้งที่ 1 ละลาย KOH 1.63 กิโลกรัม (80% ของทั้งหมด) ในเมทานอล 30 ลิตร(80% ของทั้งหมด)

ครั้งที่ 2 ละลาย KOH 0.41 กิโลกรัม (ส่วนที่เหลือ) ในเมทานอล 7.5 ลิตร(ส่วนที่เหลือ)

นอกจากนี้ในการเตรียมสารละลายครั้งที่ 2 สามารถลดปริมาณการใช้เฉพาะ KOH ลงได้อีก เนื่องจากการทดลองพบว่าสามารถใช้ KOH เพียง 80% ของส่วนที่เหลือก็เพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยาได้สมบูรณ์ ดังนั้น KOH ที่ใช้จริงในครั้งที่ 2 เท่ากับ 0.32กิโลกรัม

ระบบบำบัดน้ำเสียเบื้องต้น

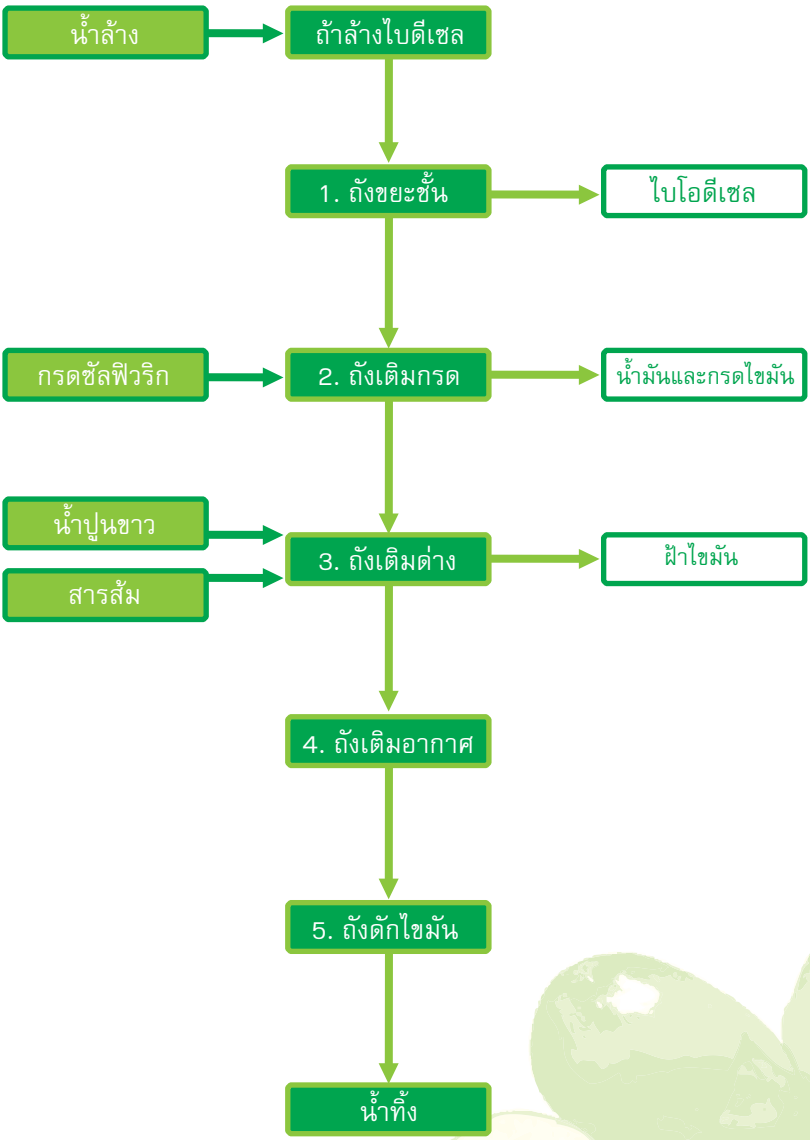
การบำบัดน้ำเสียจากการผลิตไบโอดีเซล ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การแยกไบโอดีเซล การแยกกรดไขมันอิสระและการปรับสภาพน้ำเสีย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- การแยกไบโอดีเซล ประกอบด้วยถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร จำนวน 1 ถัง เพื่อรองรับน้ำเสียจากการล้างไบโอดีเซล แล้วปล่อยทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้ไบโอดีเซลที่ปนเปื้อนมากับน้ำล้างแยกชั้นออกมาที่ผิวหน้าของน้ำเสีย เมื่อแยกไบโอดีเซลออกจากภาชนะ จึงได้สูบถ่ายน้ำเสียเข้าขั้นตอนการแยกกรดไขมันอิสระโดยใช้ปั๊มน้ำขนาด 0.5 แรงม้า

- การแยกกรดไขมันอิสระ ประกอบด้วยถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร จำนวน 1 ถัง เพื่อรองรับน้ำเสียที่แยกไบโอดีเซลออกแล้ว หลังจากนั้นเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (กรดกำมะถัน) ประมาณ 50-100 มิลลิลิตร เพื่อใช้ปรับ pH เป็น 3 แล้วปล่อยทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้สบู่ที่ปนเปื้อนมากับน้ำล้างกลายเป็นกรดไขมันอิสระแยกชั้นออกมาที่ผิวหน้าของน้ำเสีย เมื่อแยกกรดไขมันอิสระออกจากภาชนะ จึงได้สูบถ่ายน้ำเสียเข้าขั้นตอนการแยกปรับสภาพน้ำเสียโดยใช้ปั๊มสารเคมีที่ทนการกัดกร่อนจากกรด ดังนั้นอุปกรณ์วาล์ว ข้อต่อต่างๆ จึงจำเป็นต้องใช้วัสดุเป็นโลหะสแตนเลสเพื่อทนต่อการกัดกร่อน

- การปรับสภาพน้ำเสีย ประกอบด้วยถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร จำนวน 2 ถัง เพื่อรองรับน้ำเสียที่แยกกรดไขมันอิสระออกแล้ว และสำหรับเติมอากาศเพื่อปรับสภาพน้ำ โดยที่น้ำเสียที่แยกกรดไขมันอิสระออกแล้วจะมีสภาพความเป็นกรด จึงจำเป็นต้องปรับสภาพน้ำให้มี pH อยู่ในช่วง 5.5-9 จึงจะปล่อยทิ้งได้ โดยใช้น้ำปูนขาวประมาณ 40-50 ลิตร และเติมสารส้ม ประมาณ 100 - 200 กรัม เพื่อช่วยในการจับตัวกรดไขมันอิสระที่ยังตกค้างอยู่ในน้ำเสีย แล้วปล่อยทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้กรดไขมันอิสระที่ตกค้างอยู่ในเสียจับตัวลอยเป็นฝ้าอยู่ที่ผิวหน้าของน้ำเสีย เมื่อแยกฝ้าของกรดไขมันอิสระออกจากภาชนะแล้ว จึงได้สูบถ่ายน้ำเสียเข้าสู่ถังเติมอากาศ ซึ่งจะเติมอากาศโดยใช้ปั๊มลมที่ใช้ในตู้ปลาแบบ 2 หัว เติมอากาศอย่างน้อย 24 ชั่วโมง แล้วจึงปล่อยน้ำทิ้งออกจากระบบ โดยผ่านถังดักไขมันเพื่อดักจับสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ที่อาจหลงเหลืออยู่ในน้ำทิ้ง

ภาพประกอบที่ 16 ระบบบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นขนาด 200 ลิตร



ภาพประกอบที่ 17 แผนผังกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

ประมาณการการลงทุน และผลตอบแทนเบื้องต้น

โดยทั่วไปไบโอดีเซลชุมชนมีกำลังการผลิตประมาณ 100-500 ลิตร/วัน ซึ่งขึ้นอยู่กับกำลังผลิตของชุดผลิตและจำนวนครั้งของการผลิตในแต่ละวัน ดังนั้นจึงประมาณการลงทุนและผลตอบแทนเบื้องต้น จากข้อกำหนดดังต่อไปนี้

กำหนดให้มีการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันทอดใช้แล้วปริมาณ 3,600 ลิตรต่อเดือน และกำหนดราคาขายไบโอดีเซล (B100) เท่ากับ ราคาขายดีเซล B5 ซึ่งเท่ากับ 25.39 บาท ซึ่งเป็นราคา ณ วันที่ 22 กันยายน 2552 ของกรุงเทพมหานคร และสามารถสรุปต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปรและระยะเวลาคืนทุน ได้ดังนี้

ต้นทุนคงที่	เงินลงทุน(บาท)
1. ชุดผลิตไบโอดีเซลกำลังผลิต 150 ลิตร/ครั้ง	240,000
2. ระบบบำบัดน้ำเสียเบื้องต้น ขนาด 200 ลิตร	30,000
3. โรงเรือนขนาด 4X4 ตร.ม.	60,000
รวม	330,000

ต้นทุนผันแปร	จำนวนเงิน(บาท/ลิตร)
1. ราคาน้ำมันทอดใช้แล้ว	13
2. ค่าดำเนินการผลิต	7
รวม	20

สรุป	
1. ประหยัดเงิน (บาท/ลิตร)	5.39
2. ประหยัดเงิน (บาท/ปี)	232,848
3. ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	1.42

จะเห็นได้ว่าที่กำลังการผลิต 3600 ลิตร/เดือน (900 ลิตร/สัปดาห์) จะมีระยะเวลาคืนทุน 1.42 ปี ซึ่งคุ้มค่าแก่การลงทุน

แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม

1. สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน
   คณะวิศวกรรมศาสตร์
   มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110
   โทรศัพท์ 0 7428 7185
   website : www.biodiesel.eng.psu.ac.th
2. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)
   35 หมู่ที่ 3 เทคโนธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
   โทรศัพท์ 0 2577 9009 website : www.tistr.or.th
3. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ 111
   อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
   โทรศัพท์ 0 2564 7000 ต่อ 1178-9
   website : www.nstda.or.th/cyberbookstore